

Authentisches Lernen und Visualisierungen zum Thema Atemalkoholsensoren

Bianca Watzka* und Raimund Girwidz*

*Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Theresienstraße 37, 80333

München

bianca.watzka@lmu.de und girwidz@lmu.de

Kurzfassung

Realitätsbezug und Lebensnähe sind zwei charakteristische Merkmale authentischen Lernens, das meist einhergeht mit vielen positiven Erwartungen in Bezug auf Motivation, Interessenbildung, Wissenserwerb und -transfer. Die Behandlung der Funktionsweise von Alltagsensoren im Unterricht ist eine Möglichkeit zur Umsetzung authentischen Lernens. So verlockend dieser Ansatz im ersten Moment erscheint, er stellt hohe didaktische Anforderungen an Lehrkräfte. Sie müssen angesichts der häufig komplizierten Sensortechnik Strategien zur sach- und schülergerechten Veranschaulichung entwickeln und gleichzeitig darauf achten, nichts an Realitätsnähe, Kontextbezug und Authentizität einzubüßen.

Der Beitrag enthält eine kurze Erläuterung zur Funktionsweise von Atemalkoholsensoren, die mit einer Widerstandsänderung eines Halbleitermaterials reagieren. Anschließend wird beschrieben, wie mit verschiedenen Visualisierungen ein anschaulicher Zugang zu den fachlichen Grundlagen der Sensortechnik realisiert werden kann. Zuletzt werden einige authentische Experimente mit Atemalkoholsensoren oder dessen Bauteilen vorgestellt.

1. Einleitung

Die Behandlung von Sensoren und ihren Anwendungen im Physikunterricht kann das Interesse von Schülerinnen und Schülern an der Betrachtung der physikalischen Grundlagen des Messverfahrens wecken (z.B. Watzka & Girwidz, 2015; Storck & Girwidz, 2016). Die Kontexte, in denen die Sensoren eingesetzt werden, und der Sensor selbst können durch ihre Authentizität den Auftakt zu einer Reihe von motivierenden Tätigkeiten und kognitiv anspruchsvollen physikalischen Aufgabenstellungen bieten. Gleichzeitig kann sich das Verwenden des Sensors in realistischen Situationen günstig auf den Erwerb prozeduralen Wissens auswirken (z.B. Watzka & Girwidz, 2015).

Nachfolgend geht es exemplarisch um Atemalkoholmessgeräte aus Halbleitermaterialien. Sie sind für den Physikunterricht besonders interessant, da sie bei Kontakt mit Ethanol Dampf mit der Änderung der elektrischen Leitfähigkeit einer Metalloxidschicht reagieren und elektrische Widerstände ohnehin in der Sekundarstufe I unterrichtet werden. Das Auslesen der Widerstandsänderung erfolgt über eine Spannungsteilerschaltung, die in der Regel ebenfalls im Unterricht der Sekundarstufe I behandelt wird oder zumindest ohne Weiteres behandelt werden könnte.

2. Atemalkoholmessgeräte

An dieser Stelle sind die messtechnischen und physikalischen Grundlagen von Atemalkoholmessgeräten nur kurz behandelt. Eine detaillierte Beschrei-

bung ist im Beitrag von Watzka, Buchner und Girwidz (eingereicht) zu finden. Dort werden der Aufbau, einzelne relevante Bauteile mit ihren technischen Details, die sensorteknische Funktionsweise mit Reaktionsgleichungen und mögliche Messschaltungen ausführlich behandelt.

Das sensitive Element, auch Aktor genannt, ist eine Halbleiterschicht aus Zinndioxid (SnO_2). Kennzeichnend für die Kristallstruktur von Zinndioxid ist, dass es eine hohe Anzahl an Sauerstofffehlstellen hat, folglich hat es n-leitende Eigenschaften. Die Zinndioxidschicht ist auf einem Träger aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) aufgebracht, ebenso die Messelektroden für das Erfassen des elektrischen Leitwertes der Zinndioxidschicht und die Heizbahnen für die Regelung der Betriebstemperatur.

Häufig werden für Atemalkoholmessgeräte aus Halbleitermaterialien die kostengünstigen Röhrenbauformen gewählt. Abbildung 1 zeigt exemplarisch den Ethanol Gassensor MQ-3, bei dem die Röhrenbauform verwendet wurde.



Abb. 1: Ethanol Gassensor MQ-3. Links ist der Sensor in der Draufsicht zu sehen. Das Röhren schimmert unter dem Gitter hervor. Rechts sieht man das Röhren und am linken Rand des Röhrens die Heizwendel.

In der Regel werden Atemalkoholmessgeräte aus Halbleitermaterialien bei hohen Temperaturen zwischen 500 °C und 800 °C betrieben, weil man dadurch einen konstanten Grundleitwert und als Ausgangssignal einen von der Ethanol dampfkonzentration abhängigen elektrischen Sensorwiderstand erhält (Fleischer, 2006). Generell sind dabei zwei Vorgänge bedeutsam, die im Unterricht angesprochen werden sollten.

- Die Anreicherung (Adsorption) von Sauerstoff an der Zinndioxidschicht beeinflusst den Grundleitwert des Sensors in der Luft. Bei der Anreicherung binden Sauerstoffmoleküle an der Zinndioxidschicht Elektronen, wodurch der elektrische Leitwert sinkt.
- Bei der Reaktion zwischen adsorbiertem Sauerstoff und dem reduzierenden Ethanol dampf werden zuvor gebundene Elektronen wieder an das Leitungsband der Zinndioxidschicht zurückgegeben, wodurch der elektrische Leitwert steigt.

3. Authentisches Lernen

Shaffer und Resnick (1999) beschreiben vier zentrale Merkmale authentischen Lernens, die im Physikunterricht zu Atemalkoholsensoren leicht realisierbar sind. Die Merkmale sind in der nachfolgenden Liste exemplarisch für Atemalkoholmessgeräte angegeben.

- a) Handelsübliche Atemalkoholmessgeräte und ihre Originalbauteile werden in Experimenten eingesetzt, um eine hohe *Authentizität der Lernmaterialien und Tätigkeiten* gewährleisten zu können. Im Kern geht es gemäß Shaffer und Resnick (1999) darum, im Unterricht Originalgeräte einzusetzen und mit diesen in einem Kontext zu hantieren. Weder die Geräte bzw. Bauteile selbst, noch die mit ihnen ausgeführten Tätigkeiten sind in ihrer Komplexität reduziert oder in irgendeiner Weise verändert.
- b) Beim Experimentieren mit Atemalkoholmessgeräten oder den Originalbauteilen werden auch Messverfahrensgrenzen, -bedingungen und -ungenauigkeiten, Störvariablen usw. explizit im Unterricht thematisiert, um *authentische Bewertungen* in realistischen Situationen zu ermöglichen. Zudem können Bewertungskompetenzen der Schülerinnen und Schüler durch das Thematisieren von Vorgaben für das Erschließen des Blutalkoholgehalts aus dem Atemalkoholgehalt gefördert werden. Dabei müssen die Lernenden auch Aspekte aus verschiedenen Fachdisziplinen (z.B. Medizin, Jura und Physik) verstehen, um letztendlich ein begründetes Urteil über die Aussagekraft von Angaben über die Alkoholisierung einer Person treffen zu können.
- c) Sowohl der Kontext zur Atemalkoholmessung im Rahmen einer Polizeikontrolle als auch die physikalischen Grundlagen des Messverfahrens von Atemalkoholmessgeräten sind *authentische*

Lerninhalte. Laut Shaffer und Resnick (1999) ist es hierbei wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler den betrachteten Inhalt als bedeutsam und relevant wahrnehmen. Bei Bedarf kann dies durch einen Verweis auf die Mitführflicht von Alkoholtestern in Fahrzeugen in unserem Nachbarland Frankreich unterstützt werden.

- d) Beim Experimentieren mit Atemalkoholmessgeräten oder mit den Originalbauteilen können naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Falle von Demonstrationsversuchen von der Lehrkraft gezeigt oder bei der Umsetzung als Schülerversuch von den Lernenden selbst eingeübt werden. Eine weitere Besonderheit ist, dass beim Experimentieren mit den Originalbauteilen bzw. -geräten reale Daten aufgenommen werden, die im Rahmen der Erkenntnisgewinnung ausgewertet und interpretiert werden müssen. Dabei erfahren die Schülerinnen und Schüler die angewandten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen als *authentische Werkzeuge*.

Edelson (1998) sowie Chinn und Malhotra (2002) beschreiben epistemologische Merkmale von Authentizität. Chinn und Malhotra (2002) betrachten dazu den Prozess der Erkenntnisgewinnung. Sie argumentieren, dass sich Experimente in der Forschung und experimentelle Versuche in der Schule unterscheiden und daher Schülerinnen und Schüler Versuche in der Schule weniger authentisch wahrnehmen. Laut Chinn und Malhotra (2002) ist die Authentizität umso höher, je näher die Umsetzung eines experimentellen Versuchs in der Schule dem Experiment in der Forschung kommt. Zwar kann durch das Experimentieren mit Atemalkoholmessgeräten oder mit den Originalbauteilen die Diskrepanz zwischen Versuchen in der Schule und Experimenten in der Forschung nicht geschlossen werden, aber es können zumindest reale Daten unter realen Bedingungen aufgenommen werden. Außerdem kann aus Sicht der Schülerinnen und Schüler das Experimentieren mit dem Atemalkoholmessgerät tatsächlich dem Zweck dienen, einen ihnen zuvor unbekannten Kontext sukzessive zu „erforschen“.

4. Visualisierungen

Die physikalischen Grundlagen von Atemalkoholmessgeräten aus Halbleitermaterialien können durch verschiedene Visualisierungen schülergerecht veranschaulicht werden. Die hinter den Visualisierungen stehenden didaktischen Leitideen beschreibt Girwidz (2014) allgemein für physikalische Inhalte. Übertragen auf Atemalkoholmessgeräte können z.B. Abbildungen eingesetzt werden, um den Aufbau und einzelne verborgene Komponenten von Atemalkoholmessgeräten zu zeigen. Beispielsweise kann ein Foto von einem geöffneten Atemalkoholsensor diese Zeigefunktion haben (siehe Abb. 1).

Die Kombination aus Abbildung und Schemazeichnung ermöglicht außerdem, eine Reduktion auf relevante einzelne Komponenten (siehe Abb. 2).

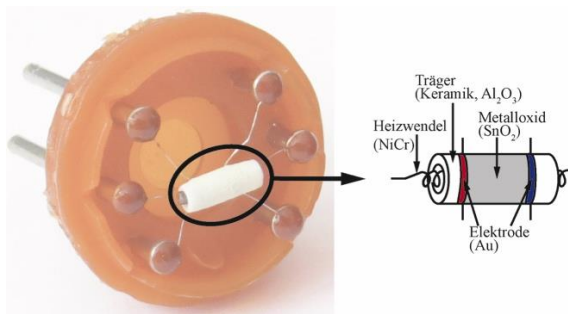


Abb. 2: Abbildung (links) und Schemazeichnung (rechts) des Ethanol Gassensors MQ-3. Die Funktionen der Visualisierung sind Verborgenes zu zeigen und Wesentliches hervorzuheben.

Außerdem können Sequenzen von Schemazeichnungen zu den zentralen Vorgängen an der Zinndioxidoberfläche die Schülerinnen und Schüler beim Aufbau mentaler Vorstellungen unterstützen. Die Schemazeichnungen stellen den Vorgang jeweils in aufeinanderfolgenden Teilschritten dar. Für die Anreicherung von Sauerstoff an der Zinndioxidoberfläche ist dies exemplarisch in Abbildung 3 gezeigt.

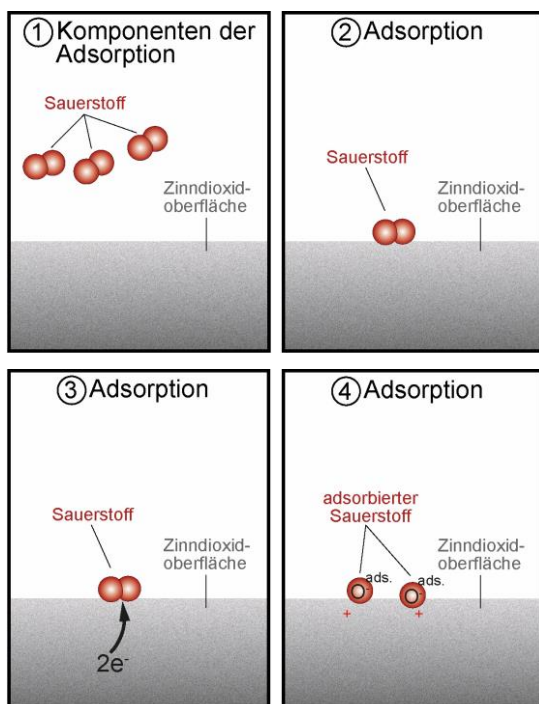


Abb. 3: Beispiel für eine sequenzierte Darstellung von Adsorptionsvorgängen an der Zinndioxidoberfläche.

In einem weiteren Lernschritt können Schemazeichnungen eingesetzt werden, bei denen zusätzlich die Oberflächenstruktur der Zinndioxidschicht dargestellt ist. Die Schülerinnen und Schüler können dann den Zusammenhang zwischen den Sauerstofffehlstellen und der Anreicherung von Sauerstoff an der Oberfläche sehen.

Weitere Visualisierungsformen sind u.a. Flussdiagramme sowie Mind- und Concept-Maps. Sie werden eingesetzt, um Zusammenhänge zu visualisieren oder Prozesse und Abläufe übersichtlich darzustellen

(siehe Girwidz, 2014). Beispiele zu diesen Visualisierungsformen mit Bezug zum Atemalkoholmessgerät sind bei Watzka, Buchner und Girwidz (eingereicht) zu finden.

5. Experimente

Watzka, Buchner und Girwidz (eingereicht) beschreiben jeweils drei Experimente – sie sind entweder explorativ und kontextorientiert oder Hypothesen prüfend. Mit den explorativen Experimenten werden Fragen aus dem Alltag zum Thema Alkohol untersucht. Die Hypothesen prüfenden Experimente behandeln die Abhängigkeit des Sensorwiderstands von verschiedenen Parametern, wie etwa Temperatur oder Ethanoldampfkonzentration. An dieser Stelle ist exemplarisch jeweils ein Experiment beschrieben.

Das explorative Experiment untersucht die Abnahme der Atemalkoholkonzentration in Abhängigkeit von der Zeit. Die Lehrkraft spült mit 10 cl Bier oder einer alkoholischen Mundspülung für ca. 30 Sekunden den Mundraum gründlich aus. Danach wird die Flüssigkeit wieder ausgespuckt und die Atemalkoholkonzentration in Abständen von zwei Minuten gemessen (z.B. mit dem AlcoScan AL7000).

Die Ergebnisse zeigen u.a., dass die Atemalkoholkonzentration direkt nach dem Gurgeln so hoch ist, dass der Wert sogar über dem Messbereich des Gerätes liegt (hier 4 ‰). Nach vier Minuten ist der Wert schon deutlich gesunken (etwa auf 0,6 ‰) und nach weiteren zehn Minuten liegt die AAK nur noch bei ca. 0,1 ‰ bis 0,2 ‰. Der Versuch macht auch deutlich, warum eine Atemalkoholkontrolle frühestens zehn Minuten nach dem Konsum alkoholhaltiger Lebensmittel erfolgen darf.

Ein Hypothesen prüfendes Experiment zeigt die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Sensorwiderstands. Dazu wird die Heizspannung schrittweise von 1 V auf 5 V erhöht und gleichzeitig der Sensorwiderstand R_S mittels Spannungsteiler bestimmt. Die Messergebnisse zeigen, dass mit zunehmender Heizspannung U_H der Sensorwiderstand R_S sinkt.

Für die Erklärung der Versuchsergebnisse kann das Bändermodell herangezogen werden. Unter Anleitung bzw. mit Unterstützung können Schülerinnen und Schüler dann auch physikalisches Argumentieren lernen, wobei Kompetenzen aus den Bereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung und Kommunikation angesprochen werden. Eine überzeugende Argumentationsfolge könnte sein:

- Durch die thermische Anregung gehen Elektronen aus dem Valenz- in das Leitungsband über.
- Diese Elektronen stehen als bewegliche Ladungsträger zur Verfügung.
- Durch die zunehmende Anzahl verfügbarer Ladungsträger nimmt der elektrische Widerstand des Sensors ab.

- d) Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Anzahl der verfügbaren Ladungsträger und somit der elektrische Widerstand temperaturabhängig ist.

6. Resümee

Die beschriebenen Merkmale authentischen Lernens sprechen für den Einsatz von Sensoren im Physikunterricht. Das setzt aber voraus, dass die physikalischen Inhalte der Sensortechnik schülergerecht veranschaulicht werden. Deswegen sollten im Unterricht Zugänge gewählt werden, die den Aufbau von Vorstellungen unterstützen und Zusammenhänge zeigen. Zwei bewährte Strategien sind das Lernen mit Visualisierungen und der Einsatz von Experimenten, mit denen die Schülerinnen und Schüler selbst physikalisch wichtige Einflussgrößen aufdecken können.

7. Literatur

- [1] Bezugsquelle des Alkoholtesters AlcoScan AL7000, Kosten: 99 €, inkl. 25 Mundstücke <http://www.alkomat.net/alkoholtester-ace-i-al7000-mit-wechselsensor-ace-sensor-s-25-mundstuecke-und-kalibriergutschein.32610.html> (abgerufen am 30.05.2016).
- [2] Bezugsquelle des Ethanol Gas-Sensors MQ-3 von Hanwei, Kosten: 5,36 € : <http://www.watterott.com/de/Alcohol-Gas-Sensor-MQ-3>
- [3] Chinn, C.A. & Malhotra, B.A. (2002). Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks. *Science Education* 86(2), 175-218.
- [4] Datenblatt von dem Ethanol Gas-Sensor MQ-3 von Hanwei (Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., LTD, V 1.3, vom 01.05.2014): <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Bio-metric/MQ-3%20ver1.3%20-%20Manual.pdf> (abgerufen am: 04.07.2016).
- [5] Edelson, C. (1998). Realising authentic science learning through the adaption of scientific practice. In: B.J. Fraser & K.G. Tobin. (Eds.), *International Handbook of Science Education*, Dordrecht: Kluwer, 317-331.
- [6] Fleischer, M. (2006). Wie Mikrochips riechen lernen. Funktionsweise und Einsatzgebiet moderner Chemischer Sensoren. *Physik Journal* 5(7), 25-31.
- [7] Girwidz, R. (2014). Bilder und Visualisierungen für den Physikunterricht. In H. Sowa, A. Glas & M. Miller (Hrsg.), *Bildung der Imagination Band 2: Bildlichkeit und Vorstellungsbild in Lernprozessen*, Oberhausen: Athena-Verlag, 493-509.
- [8] Shaffer, D.W. & Resnick, M. (1999). "Thick" Authenticity: New Media and Authentic Learning. *Journal of interactive Learning Research* 10(2), 195-215.
- [9] Storck, T. & Girwidz, R. (2016). Pulsoximetrie im Physikunterricht. Ein Unterrichtskonzept zur Sensorik. *PhyDid A*, 1 (15), 1-13.
- [10] Watzka, B. & Girwidz, R. (2015). Einfluss der Kontextorientierung und des Präsentationsmodus von Aufgaben auf den Wissenserwerb und die Transferleistung physikalischer Inhalte. *ZfDn* 21(1), S. 187-206.
- [11] Watzka, B.; Buchner, L. & Girwidz, R. (eingereicht). Authentisches Lernen mit Atemalkoholsensoren im Physikunterricht. Physikalische Grundlagen, Visualisierungen und Experimente. *PhyDid A*.